第４講　2018年度 試行調査 第4問＆演習問題

■ 2018年度 試行調査

必要があれば，原子量は次の値を使うこと。
H　1.0　　C　12　　N　14　　O　16
気体は，実在気体とことわりがない限り，理想気体として扱うものとする。
$\sqrt{480} = 21.9$

第４問　次の文章を読み，問い（**問１〜4**）に答えよ。
〔**解答番号** 1 〜 6 〕（配点　19）

私たちが暮らす地球の大気には二酸化炭素 CO_2 が含まれている。(a) CO_2 が水に溶けると，その一部が炭酸 H_2CO_3 になる。

$$CO_2 + H_2O \rightleftarrows H_2CO_3$$

このとき，H_2CO_3，炭酸水素イオン HCO_3^-，炭酸イオン CO_3^{2-} の間に式(1)，(2)のような電離平衡が成り立っている。ここで，式(1)，(2)における電離定数をそれぞれ K_1，K_2 とする。

$$H_2CO_3 \rightleftarrows H^+ + HCO_3^- \quad (1)$$

$$HCO_3^- \rightleftarrows H^+ + CO_3^{2-} \quad (2)$$

式(1)，(2)が H^+ を含むことから，水中の H_2CO_3，HCO_3^-，CO_3^{2-} の割合は pH に依存し，pH を変化させると**図１**のようになる。

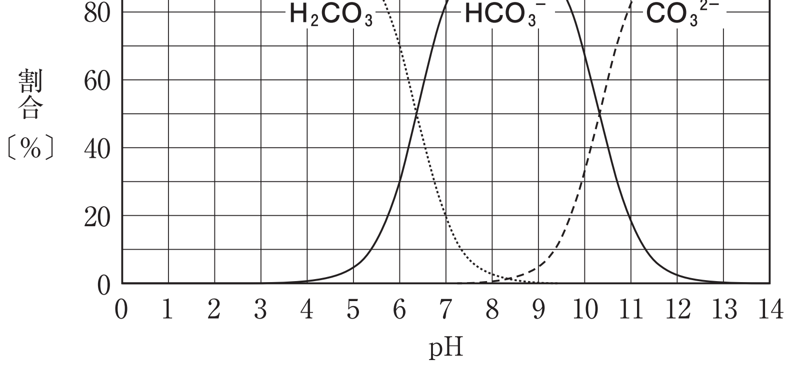


図１

一方，海水は地殻由来の無機塩が溶けているため，弱塩基性を保っている。しかし，産業革命後は，人口の急増や化石燃料の多用で増加した CO_2 の一部が海水に溶けることによって，(b)海水の pH は徐々に低下しつつある。

宇宙に目を向ければ，(c)ある惑星では大気のほとんどが CO_2 で，大気圧はほぼ 600 Pa，表面温度は最高で 20 ℃，最低で −140 ℃に達する。

問１　下線部(a)に関連して，25 ℃，1.0×10^5 Pa の地球の大気と接している水 1.0L に溶ける CO_2 の物質量は何 mol か。最も適当な数値を，次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし，CO_2 の水への溶解はヘンリーの法則のみに従い，25℃，1.0×10^5 Pa の CO_2 は水 1.0 L に 0.033 mol 溶けるものとする。また，地球の大気は CO_2 を体積で 0.040 %含むものとする。［ 1 ］mol

① 3.3×10^{-2}　② 1.3×10^{-3}　③ 6.5×10^{-4}
④ 1.3×10^{-5}　⑤ 6.5×10^{-6}

問２　式(2)における電離定数 K_2 に関する次の問い（**a**・**b**）に答えよ。

a　電離定数 K_2 を次の式(3)で表すとき，［ 2 ］と［ 3 ］に当てはまる最も適当なものを，下の①～⑤のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

$$K_2 = [H^+] \times \frac{\boxed{2}}{\boxed{3}} \qquad (3)$$

① $[H^+]$　② $[HCO_3^-]$　③ $[CO_3^{2-}]$
④ $[HCO_3^-]^2$　⑤ $[CO_3^{2-}]^2$

b　電離定数の値は数桁にわたるので，K_2 の対数をとって pK_2（$= -\log_{10}K_2$）として表すことがある。式(3)を変形した次の式(4)と**図１**を参考に，pK_2 の値を求めると，およそいくらになるか。最も適当な数値を，下の①～⑤のうちから一つ選べ。［4］

$$-\log_{10}K_2 = -\log_{10}[\mathrm{H^+}] - \log_{10}\frac{\boxed{2}}{\boxed{3}} \qquad (4)$$

① 6.3　② 7.3　③ 8.3
④ 9.3　⑤ 10.3

問３　下線部(b)に関連して，pH が 8.17 から 8.07 に低下したとき，水素イオン濃度はおよそ何倍になるか。最も適当な数値を，次の①～⑥のうちから一つ選べ。必要があれば常用対数表の一部を抜き出した**表１**を参考にせよ。たとえば，$\log_{10}2.03$ の値は，**表１**の 2.0 の行と 3 の列が交わる太枠内の数値 0.307 となる。
［5］倍

① 0.10　② 0.75　③ 1.0
④ 1.3　⑤ 7.5　⑥ 10

表１　常用対数表（抜粋，小数第４位を四捨五入して小数第３位までを記載）

数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.0	0.000	0.004	0.009	0.013	0.017	0.021	0.025	0.029	0.033	0.037
1.1	0.041	0.045	0.049	0.053	0.057	0.061	0.064	0.068	0.072	0.076
1.2	0.079	0.083	0.086	0.090	0.093	0.097	0.100	0.104	0.107	0.111
1.3	0.114	0.117	0.121	0.124	0.127	0.130	0.134	0.137	0.140	0.143
1.4	0.146	0.149	0.152	0.155	0.158	0.161	0.164	0.167	0.170	0.173
1.5	0.176	0.179	0.182	0.185	0.188	0.190	0.193	0.196	0.199	0.201
1.6	0.204	0.207	0.210	0.212	0.215	0.217	0.220	0.223	0.225	0.228
1.7	0.230	0.233	0.236	0.238	0.241	0.243	0.246	0.248	0.250	0.253
1.8	0.255	0.258	0.260	0.262	0.265	0.267	0.270	0.272	0.274	0.276
1.9	0.279	0.281	0.283	0.286	0.288	0.290	0.292	0.294	0.297	0.299
2.0	0.301	0.303	0.305	0.307	0.310	0.312	0.314	0.316	0.318	0.320
2.1	0.322	0.324	0.326	0.328	0.330	0.332	0.334	0.336	0.338	0.340
9.6	0.982	0.983	0.983	0.984	0.984	0.985	0.985	0.985	0.986	0.986
9.7	0.987	0.987	0.988	0.988	0.989	0.989	0.989	0.990	0.990	0.991
9.8	0.991	0.992	0.992	0.993	0.993	0.993	0.994	0.994	0.995	0.995
9.9	0.996	0.996	0.997	0.997	0.997	0.998	0.998	0.999	0.999	1.000

問４　下線部(c)に関連して，なめらかに動くピストン付きの密閉容器に 20 ℃で CO_2 を入れ，圧力 600 Pa に保ち，温度を 20 ℃から−140 ℃まで変化させた。このとき，容器内の CO_2 の温度 t と体積 V の関係を模式的に表した図として最も適当なものを，次ページの①～④のうちから一つ選べ。ただし，温度 t と圧力 p において CO_2 がとりうる状態は**図２**のようになる。なお，**図２**は縦軸が対数で表されている。 **6**

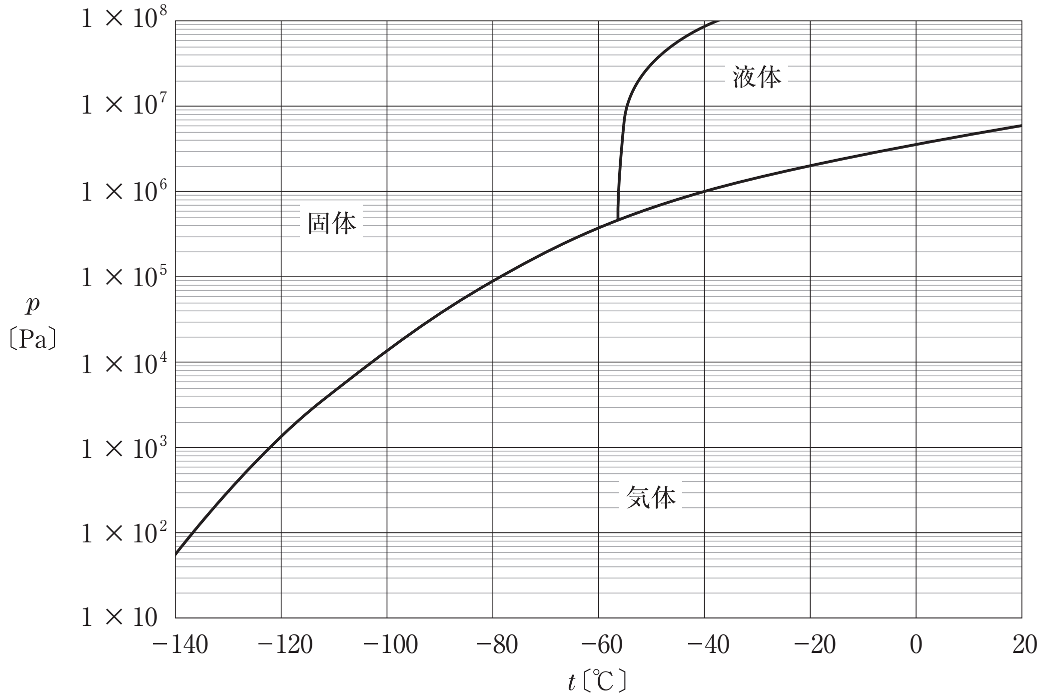
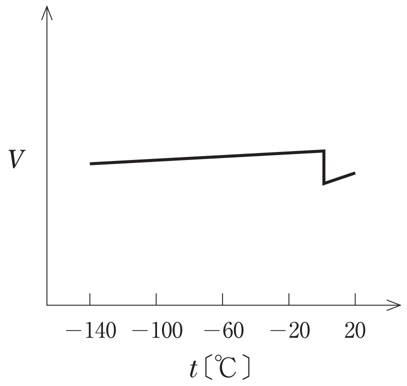
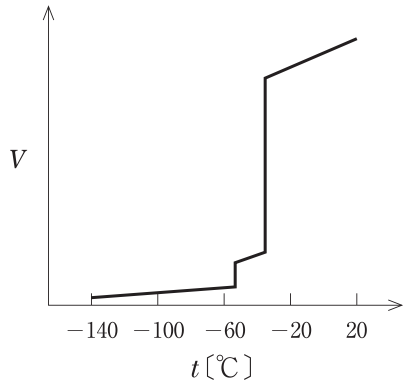


図２

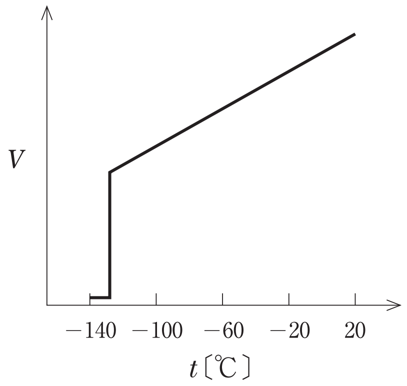
①


V
−140
−100
−60
−20
20
t〔℃〕

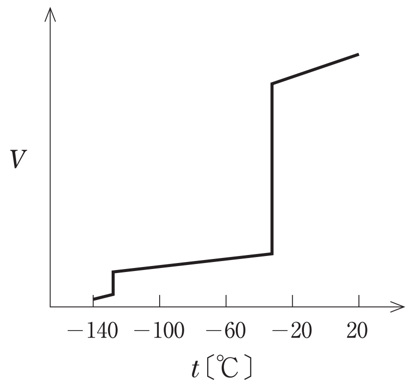
②


V
−140
−100
−60
−20
20
t〔℃〕

③


V
−140
−100
−60
−20
20
t〔℃〕

④


V
−140
−100
−60
−20
20
t〔℃〕

■ 演習問題

1　次の文章中の空欄 [1] ～ [3] に当てはまる最も適当なものを，次の①～⑤のうちから一つずつ選べ。

ブレンステッドによる酸と塩基の定義では，「酸とは相手に [1] を与える物質であり，塩基とは [1] を受け取る物質である」とされる。ここで酢酸(CH_3COOH)とトリクロロ酢酸(CCl_3COOH)について比較すると，水素原子に比べて塩素原子は [2] ので，トリクロロ酢酸の分子内で電子は塩素原子に引きつけられる傾向があるため，トリクロロ酢酸から [1] が放出されやすくなる。25℃の水溶液では，強酸であるトリクロロ酢酸の電離定数 K_a は 2.0×10^{-1}mol/L，弱酸である酢酸の K_a は 2.7×10^{-5}mol/L であった。それぞれの 1.0×10^{-2}mol/L 水溶液を調製した場合，[1] の濃度は [3] となった。

[1] の選択肢

① e^-
② H^+
③ H_2
④ OH^-
⑤ O_2

[2] の選択肢

① 原子半径が大きい
② 電気陰性度が大きい
③ 電子親和力が小さい
④ 電子数が多い
⑤ 陽子数が少ない

[3] の選択肢

① トリクロロ酢酸で 3.1×10^{-3}mol/L，酢酸で 1.9×10^{-4}mol/L
② トリクロロ酢酸で 3.1×10^{-3}mol/L，酢酸で 5.1×10^{-4}mol/L
③ トリクロロ酢酸で 2.0×10^{-3}mol/L，酢酸で 2.7×10^{-7}mol/L
④ トリクロロ酢酸で 9.5×10^{-3}mol/L，酢酸で 5.1×10^{-4}mol/L
⑤ トリクロロ酢酸で 9.5×10^{-3}mol/L，酢酸で 1.9×10^{-4}mol/L

＜ Note ＞

第４講　2018年度 試行調査 第4問＆演習問題　解答

■ 2018年度 試行調査

<table>
<tr><th>問題番号
（配点）</th><th>設問</th><th>解答番号</th><th>正解</th><th>配点</th></tr>
<tr><td rowspan="6">第４問

（19）</td><td>1</td><td>1</td><td>4</td><td>4</td></tr>
<tr><td rowspan="3">2</td><td>2</td><td>3</td><td rowspan="2">3[＊2]</td></tr>
<tr><td>3</td><td>2</td></tr>
<tr><td>4</td><td>5</td><td>4</td></tr>
<tr><td>3</td><td>5</td><td>4</td><td>4</td></tr>
<tr><td>4</td><td>6</td><td>3</td><td>4</td></tr>
<tr><td colspan="5">（注）
＊２は，両方正解の場合のみ点を与える。</td></tr>
</table>

■ 演習問題

<table>
<tr><th>問題番号</th><th>解答番号</th><th>正解</th></tr>
<tr><td rowspan="3">1</td><td>1</td><td>2</td></tr>
<tr><td>2</td><td>2</td></tr>
<tr><td>3</td><td>4</td></tr>
</table>

＜ Note ＞